

2. Jessen F. W. et al. Deflocculation of fractionated montmorillonite by sodium polyphosphates //Society of Petroleum Engineers Journal. – 1961. – Т. 1. – №. 04. – С. 229-234.
3. Skelly W. G., Kjellstrand J. A. The thermal degradation of modified lignosulfonates in drilling muds //API paper. – 1966. – Т. 926.
4. American Petroleum Institute. Exploration and Production Department. Recommended practice standard procedure for field testing water-based drilling fluids. – American Petroleum Institute, 1997.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДЕФЛОКУЛЯНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

И.В. Масалида, С. В. Дашиев

Научный руководитель – доцент К.М. Минаев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из основных критериев выбора подходящего дефлокулянта для конкретной системы является его термостабильность. Высокая температура – одно из семи загрязнений бурового раствора [1]. Температурное воздействие приводит к флокуляции частиц твердой фазы, так же, как это делает соль, но вызывает это косвенно путем деградации или десорбции стабилизаторов реологических свойств. Влияние возросших забойных температур стало совершенно очевидным уже очень давно, в конце 1930-х и начале 1940-х годов, когда молекулярный дегидратированный фосфат и дефлокулянты полифосфатного типа были стандартными разжижителями глинистых суспензий. Неорганические фосфатные разжижители подвергаются термическому разложению или возврату в орто-форму при температуре 65,5 °С и, таким образом, становятся неэффективными для поддержания удовлетворительных реологических свойств раствора, поскольку зачастую температура в стволе скважины превышает это значение. Таниновые соединения, в первую очередь экстракты квебрахо, стали популярными разжижителями для буровых растворов, применяемых для бурения более высокотемпературных скважин в 1950-х годах. Эти буровые растворы были более устойчивыми как к температуре, так и к механическим загрязнениям. То же можно сказать и о лигносульфонатах, чьи модификации применяются и по сегодняшний день [2]. На практике нецелесообразно указывать конкретную забойную температуру, при которой тот или иной дефлокулянт – разжижитель становится неэффективными, так как температура эта зависит не только от конкретной модификации лигносульфоната, но и от таких факторов, как плотность и тип бурового раствора, концентрация твердой фазы низкой плотности, тип твердой фазы, а также выбуренная порода и возможные примеси. В одном случае лигносульфонатный раствор выдерживает температуры до 232 °С, тогда как в другом - деградирует уже при 121 °С [3].

В текущем исследовании в качестве базовых систем выступили глинистая суспензия, полимер-глинистая система и биополимерная система для первичного вскрытия пласта. Исследуемые органические дефлокулянты: Desco – модифицированный хромтанин (MI Swaco), ФХЛС – М – феррохромлигносульфонат (ООО ГК «Миррико»). Определенное количество дефлокулянта – 0,1% вводилось в исходные растворы. Эффективность дефлокулянтов оценивалась при низких и высоких температурах. Эффект забойных температурных условий создавался путем термического старения образцов бурового раствора при температуре 90 °С в течение 24 часов.

Модификация органическими дефлокулянтами неоднозначно повлияла на реологический профиль исследуемых глинистой суспензии и полимер-глинистой системы (табл.). Когда сухие частицы дефлокулянта поступают в воду, отдельный слой реагента адсорбируют её на своих поверхностях, что приводит к увеличению расстояния между слоями и, следовательно, набуханию. Катионы, уравнивающие заряд лигносульфоната, склонны гидратироваться при взаимодействии с водой, тем самым заставляя слой частицы разделяться. В этом «расширенном» состоянии воздействие скоростью сдвига вызывает расслоение частиц, то есть дисперсию. В результате общий объем частиц, количество частиц и площадь поверхности становятся во много раз больше, чем у исходных сухих частиц. Во многом из-за увеличившегося количества присутствующих частиц твердой фазы в системе увеличилась пластическая вязкость (ПВ). В свою очередь динамическое напряжение сдвига (ДНС), являющееся показателем притяжения отрицательно заряженных слоев глины, снизилось из-за взаимного отталкивания частиц в результате дефлокуляции. Статическое напряжение сдвига (СНС), необходимое для иницирования потока жидкости не претерпевает значительных изменений из-за увеличения площади удельной поверхности частиц [4]. Данный результат также может быть связан с тем, что бентонит, входящий в состав буровых систем, изначально модифицирован полимерами, и не позволяет в полной мере проявить дефлокулирующие свойства исследуемых реагентов. В биополимерной системе при добавлении дефлокулянтов не происходит снижения реологических параметров (табл.). Анионные дефлокулянты не взаимодействуют с ксантановой смолой, являющейся основным структурообразователем биополимерной системы и имеющей схожий анионный характер.

Другим важным моментом является влияние термического старения. Повышение температуры способствует расслаиванию частиц бентонита, увеличивается площадь удельной поверхности и, следовательно, растет сопротивляемость потоку. Кажущаяся вязкость (КВ), характеризующая прокачиваемость бурового раствора, также возрастает. Следует иметь в виду, что расслоение частиц представляет собой процесс, в котором размер частиц уменьшается, а удельная площадь поверхности увеличивается, соответственно при термическом воздействии возрастает в том числе и пластическая вязкость.

Таблица

Реологические и фильтрационные свойства исследуемых растворов

Тип бурового раствора	КВ, сП	ПВ, сП	ДНС, фунт/100 фут <sup>2</sup>	СНС <sub>10</sub> , фунт/100 фут <sup>2</sup>	СНС <sub>600</sub> , фунт/100 фут <sup>2</sup>	Фильтрация, мл
Глинистый	23	7	31	12	15	14
Глинистый (термообработка 90 градусов сутки)	25	16	18	17	20	16
Desco 0,1%	13	8	10	11	18	12,6
Desco (термообработка 90 градусов сутки)	30	21	19	14	24	13
ФХЛС 0,1%	19	9	21	16	22	11
ФХЛС (термообработка 90 градусов сутки)	31	18,5	16	16	23	12
Полимер-глинистый	31	17	29	13	26	9
Полимер-глинистый (термообработка 90 градусов сутки)	32	21	23	7	14	12
Desco 0,1%	26	17	18	6	17	9
Desco (термообработка 90 градусов сутки)	29	18	22	6	10	10,4
ФХЛС 0,1%	27	18	19	7	18	9,8
ФХЛС (термообработка 90 градусов сутки)	28	21	15	4	8	10
Биополимерный	34	23	22	6	7	8
Биополимерный (термообработка 90 градусов сутки)	26	18	17	7	10	10
Desco 0,1%	35	24	21	5	8	9
Desco (термообработка 90 градусов сутки)	23	14	18	7	10	9,5
ФХЛС 0,1%	33	23	21	6	9	9
ФХЛС (термообработка 90 градусов сутки)	17	11	13	6	8	9,1

Количественно потери фильтрата измеряли с использованием фильтровального пресса под давлением 0,68948 МПа в соответствии со стандартной методикой API для полевых испытаний буровых растворов [5] как при комнатной температуре, так и после термообработки под действием 90 °С на протяжении 24 часов.

В результате термического воздействия увеличились потери фильтрата как в глинистой и полимер-глинистой системах, так и в биополимерном растворе. Это связано с флокуляцией частиц бентонита, а также частичной потерей стабильности ксантановой смолы в биополимерной системе. Как после термообработки, так и при комнатной температуре, добавление дефлокулянтов уменьшало потери фильтрата в глинистой суспензии. Дефлокулянты нацелены на разрушение флокулированной структуры и, следовательно, образуют большую площадь поверхности по сравнению с исходным раствором, что приводит к увеличению адсорбции воды. В полимер-глинистом растворе снижения фильтрации не произошло, так как в систему уже изначально были добавлены реагенты для контроля водоотдачи ПАЦ НВ и ПАЦ ВВ. В биополимерной системе добавление дефлокулянтов на фильтрацию также не повлияло. Это вновь отсылает нас к факту о том, что действие дефлокулянтов основано в первую очередь на взаимодействии с глиной, входящей в раствор. С органическим полимером такого взаимодействия не происходит.

В итоге, органические дефлокулянты Desco и ФХЛС неоднозначно повлияли на реологический профиль глинистой суспензии и полимер-глинистой системы: ожидаемое снижение ДНС не сопровождалось одновременным снижением СНС, что свидетельствует о неполной дефлокуляции. Данный результат может быть объяснен тем, что бентонит, являющийся основным структурообразователем систем, изначально был модифицирован полимерами. В связи с этим требуется дальнейшее исследование, но с использованием бентонита другого производителя. В биополимерной системе снижения реологических свойств не произошло, так как дефлокулянты не взаимодействуют с ксантановой смолой. По этой же причине не наблюдается уменьшение потерь фильтрата в данном растворе. Термостарение сгущает образцы бурового раствора, в результате чего увеличивается кажущаяся и пластическая вязкость. Исследуемые дефлокулянты уменьшили потери фильтрата как в исходной, так и в термообработанной глинистой суспензии. В полимер-глинистой системе значение фильтрации изначально было достаточно низким из-за добавления полимеров.

#### Литература

1. Rogers W.F. Composition and Properties of Oil Well Drilling Fluids // Gulf Publishing Co. – Houston, 1963 – № 19.
2. Chesser B. G. et al. High-temperature stabilization of drilling fluids with a low-molecular-weight copolymer //Journal of Petroleum Technology. – 1980. – Т. 32. – №. 06. – С. 950-956.
3. Skelly W. G., Kjellstrand J. A. The thermal degradation of modified lignosulfonates in drilling muds //API paper. – 1966. – Т. 926.
4. Choo K. Y., Bai K. Effects of bentonite concentration and solution pH on the rheological properties and long-term stabilities of bentonite suspensions //Applied Clay Science. – 2015. – Т. 108. – С. 182-190.
5. American Petroleum Institute. Exploration and Production Department. Recommended practice standard procedure for field testing water-based drilling fluids. – American Petroleum Institute, 1997.